

Etude de filtre Dual Behavior Resonator (DBR) multicouche multiniveau à couplages croisés

Yann Clavet, Alexandre Manchec, Eric Rius, Cédric Quendo, Jean-François Favennec,
Christian Person, Christophe Laporte, Christine Zanchi, Pascal Moroni, Jean-Christophe Cayrou,
Jean-Louis Cazaux

LEST - UMR CNRS n°6165, CS 93837, 29238 Brest Cedex 3
CNES, 31401 Toulouse Cedex 4
Alcatel Alenia Space, BP 1187, 31037 Toulouse Cedex 1

yann.clavet@univ-brest.fr, christophe.laporte@cnes.fr, pascal.moroni@alcatelaleniaspace.com

I. Introduction

Les potentialités recherchées, et chères à l'industrie spatiale sont bien entendu la réduction de taille à outrance des dispositifs tout en préservant des performances électriques suffisantes. Ce point critique constitue encore aujourd'hui un enjeu majeur au niveau des fonctions passives. Si la suppression des solutions de filtrage volumiques n'est pas encore à l'ordre du jour pour la partie émission qui requiert des niveaux de puissance importants, il n'en va pas de même pour la partie réception des signaux. En effet, les progrès accomplis au niveau des matériaux et des techniques de métallisation laissent entrevoir des perspectives nouvelles à partir de technologies planaires, résolvant de manière simultanée les préoccupations d'encombrement et de coût. Dans ce cadre, cet article consiste à montrer, au travers d'une topologie originale de filtre, les capacités et avantages de filières technologiques de type multicouche. Ces dernières, par le haut niveau de flexibilité qui les caractérise, peuvent être adaptées au contexte spatial et apporter des solutions aux problématiques mentionnées précédemment. Atteindre ce but nécessite une maîtrise parfaite des techniques de synthèse, mais aussi de simulation, ainsi qu'une adéquation pertinente entre les topologies filtrantes retenues, la configuration technologique et les spécifications à satisfaire.

II. Présentation du filtre et description de la technologie

Les contraintes imposées au niveau des filtres, très fortes et antagonistes par nature, ne sont pas toujours accessibles à partir de topologies planaires classiques. L'utilisation de topologies alternatives, telle la topologie DBR (Dual Behavior Resonator) devient donc une nécessité. Celle-ci consiste en une structure au comportement dual, qui permet un contrôle séparé de la bande passante et des bandes atténuées [1]. La topologie DBR a été utilisée avec succès sur un substrat microruban pour répondre, entre autre, aux spécifications drastiques d'un filtre équipant un récepteur en bande C [2]. L'encombrement de ce filtre doit être encore amélioré, mais la technologie microruban semble atteindre ses limites. Afin d'ouvrir de nouvelles perspectives pour répondre aux besoins de miniaturisation et de performances accrues des dispositifs, nous nous intéressons aux filtres multiniveaux 3D pour lesquels les niveaux conducteurs peuvent être couplés électromagnétiquement mais aussi liés par des trous métallisés. Les principaux avantages de la technologie multicouche vis-à-vis de la technologie microruban sont :

- Niveaux de couplage et d'impédance caractéristique (gammes étendues)
- Souplesse : la troisième dimension apporte des degrés de liberté supplémentaires dans la conception et permet d'accéder à des géométries interdites dans des versions purement planaires.

A titre d'illustration, nous choisissons un filtre DBR d'ordre 4 à stubs en circuit-ouvert. Les caractéristiques de ce filtre sont une fréquence centrale égale à 4 GHz, une bande passante relative de 10% et un zéro de transmission à 4,45 GHz. Afin de répondre à ces spécifications, un couplage entre les stubs basse fréquence BF1 et haute fréquence HF3 est utilisé, mais aussi entre les stubs HF2 et BF4. Ce cas étant difficile à traiter en technologie planaire microruban (couplage faible, difficulté à traiter des couplages multiples, réglage difficile, etc.), nous imaginons alors une structure 3D fonctionnant sur deux niveaux métalliques différents et utilisant des couplages entre stubs non adjacents [3] séparés par une couche diélectrique. Le filtre est donc implémenté sur un substrat d'alumine ($\epsilon_r = 9,9$, $h = 254 \mu\text{m}$) sur lequel est déposé un premier niveau de métallisation (or, $h = 4 \mu\text{m}$), puis une surcouche diélectrique mince ($\epsilon_r = 4,3$, $h = 30 \mu\text{m}$) qui accueille le second niveau de métallisation (cf. Figure 1).

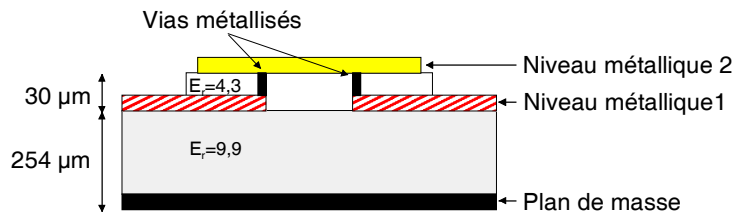


Figure 1 : Structure multicouche.

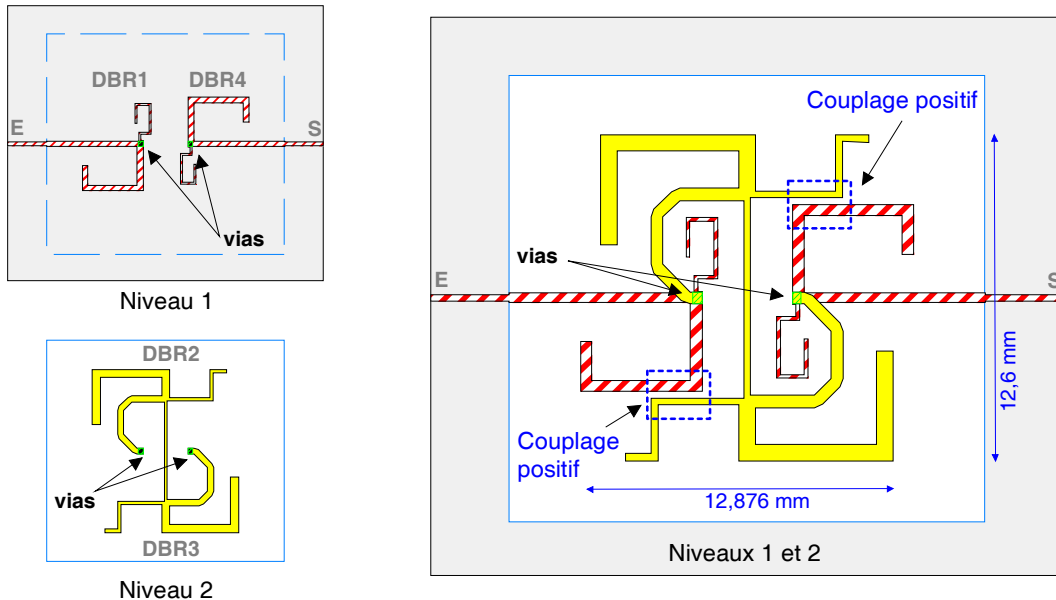


Figure 2 : Filtre passe-bande DBR multicouche d'ordre 4.

III. Réalisation du filtre DBR d'ordre 4 multicouche multiniveau

Le masque final du filtre DBR d'ordre 4 multiniveau est présenté à la Figure 2. Afin de faciliter la mesure, les résonateurs situés aux extrémités (DBR1 et DBR4) sont placés sur le substrat d'alumine (niveau 1). Les résonateurs DBR2 et DBR3 sont donc placés sur le niveau supérieur. Nous avons effectué les simulations électromagnétiques à l'aide du logiciel Momentum™. Les stubs ont été pliés pour limiter l'encombrement de l'ensemble. Le filtre a été réalisé et les résultats obtenus lors des mesures sont en très bon accord avec la simulation électromagnétique ce qui permet de valider la méthode de conception (cf. Figure 3). Les pertes d'insertion sont de 2,3 dB et on peut noter une légère désadaptation (13,6 dB) que nous pouvons sans doute attribuer à une mauvaise prise en compte des trous métallisés. Compte tenu de la précision de la simulation électromagnétique et de la maîtrise du procédé technologique, ce résultat est très encourageant et prometteur dans la perspective de développements de structures multiniveaux de type 3D. Le gain de taille permis par la structure multicouche est de l'ordre de 2 comparé à une structure équivalente en planaire (de type microruban, par exemple).

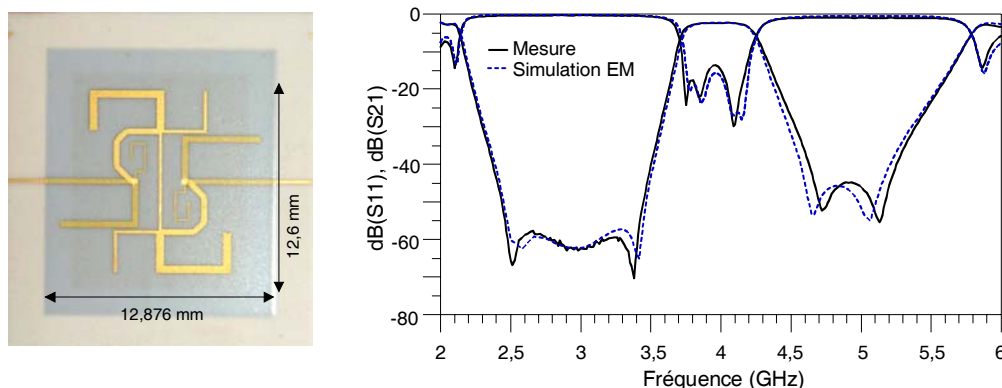


Figure 3 : Photographie, simulations et mesures du filtre DBR d'ordre 4.

IV. Conclusion

Le développement de topologies multiniveaux permet d'apporter de nouveaux degrés de liberté dans la conception, par rapport à des technologies classiques 2D, et peut permettre de répondre aux besoins accrus de miniaturisation et de performance des dispositifs. Les résultats obtenus sont encourageants et prometteurs en termes de maîtrise de la conception et de la fabrication. Ce type de structure peut ouvrir de nouvelles opportunités dans la conception de dispositifs passifs.

- [1] C. Quendo, E. Rius, C. Person, « *Narrow bandpass filters using Dual Behavior Resonators (DBRs) based on stepped impedance stubs and different-length stubs* », IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 52, p.1034-1044, mars 2004.
- [2] E. Rius, C. Quendo, C. Person, A. Carlier, J.C. Cayrou, J.L. Cazaux, « *High rejection C-band planar band-pass filter for a spatial application* », Proc. 33rd European Microwave Conference, vol. 3, p. 1055-1058, octobre 2003.
- [3] A. Manchec, Y. Clavet, C. Quendo, E. Rius, J.F. Favennec, C. Person, « *Cross-Coupled Microstrip Dual Behavior Resonator (DBR) Filter* », 36th European Microwave Conference, Manchester (UK), p. 556-559, octobre 2006.